

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10152356
PUBLICATION DATE : 09-06-98

APPLICATION DATE : 15-11-96
APPLICATION NUMBER : 08321018

APPLICANT : KANAZAWA NAMA CONCRETE KK;

INVENTOR : TAKASHIMA TOSHIHIKO;

INT.CL. : C04B 14/02 C04B 18/12 C04B 18/14 C04B 18/16 C04B 18/30 C04B 38/02

TITLE : ARTIFICIAL LIGHTWEIGHT AGGREGATE AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an artificial lightweight aggregate, as the problems on the reduction and recycle of industrial waste are solved by using three kinds of industrial waste, namely concrete sludge, waste molding sand and soil occurring in water purification plants as major materials and firing them together with a foaming agent.

SOLUTION: Concrete sludge, waste molding sand and soil occurring in water purification plants are mixed in a weight ratio of 1.0: (1.0-2.5):0.1-1.0 on the dry basis and silicon carbide is admixed, as a foaming agent, in an amount of 0.1-0.2wt.%. The mixture is molded in sheets, dried, and mold-granulated into macadam in indeterminate form. The mold-granulated product is heated near 1,000°C to effect foaming and fired at 1,100-1,300°C to produce the objective artificial lightweight aggregate in a macadam form. As for foaming in this aggregate production, a reduction atmosphere is formed by incombustible carbon included in the molding sand to increase the reactivity of the alkali metal and alkaline earth metal contained in the soil occurring in water purification plants and enable their reaction with silicon carbide.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
C 0 4 B 14/02		C 0 4 B 14/02 B
18/12		18/12
18/14		18/14 Z
18/16		18/16
18/30		18/30

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-321018
(22) 出願日 平成8年(1996)11月15日

(71) 出願人 596173469
中村 静夫
石川県金沢市戸水町口1番地 石川県工業
試験場内
(71) 出願人 394020365
金沢生コンクリート株式会社
石川県金沢市長土畠3丁目13番8号
(72) 発明者 宮本 正規
石川県金沢市戸水町口1番地 石川県工業
試験場内
(74) 代理人 弁理士 恒田 勇

最終頁に続く

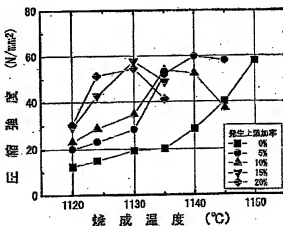
(54) 【発明の名称】 人工軽量骨材及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 コンクリートスラッジ、鑄造廃砂及び浄水場発生土の三種類の産業廃棄物を主原料とし、産業廃棄物の減量と再資源化の課題を同時に解決した人工軽量骨材及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 主原料を産業廃棄物であるコンクリートスラッジ、鑄造廃砂及び浄水場発生土の三種類とし、成型時に破砕造粒することでコンクリート用骨材に適した不定形砕石形状とし、焼成時に内部発泡させることで軽量化を図る。

【効果】 焼成物は、高強度で、アルカリ骨材反応を起さず、JIS A 5002 (構造用軽量コンクリート骨材) に適合する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 産業廃棄物であるコンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土を主原料としたことを特徴とする人工軽量骨材。

【請求項2】 主原料を産業廃棄物であるコンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土の三種類とし、且つ、発泡剤を添加し、分散、独立した気泡の内部発泡を促進させて成ることを特徴とする人工軽量骨材。

【請求項3】 コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土の混合比率が、乾物重量換算で1.0:1.0~2.5:0.1~1.0であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の人工軽量骨材。

【請求項4】 成形材料及び自硬性材料として用いるコンクリートスラッジは、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中層熟ポルトランドセメント、白色ポルトランドセメント、高炉セメント、シリカセメント及びフライアッシュセメント等を利用したコンクリートスラッジであることを特徴とする請求項1、2又は請求項3記載の人工軽量骨材。

【請求項5】 焼造廃砂のうち、強度付加材料として、集塵ダスト、砂処理ダスト、解砕ダスト、生産ラインに流れている生型砂の劣化防止のため間引きした砂、ショットダスト及びショット砂から少なくとも一種類以上を用いることを特徴とする請求項1、2、3又は請求項4記載の人工軽量骨材。

【請求項6】 焼成温度を引下げ、焼成温度域を拡大させる材料として、浄水工程の沈降池で発生した微粒の泥分である浄水場発生土を用いることを特徴とする請求項1、2、3、4又は請求項5記載の人工軽量骨材。

【請求項7】 強度付加材料として用いる炭素非含有焼造廃砂の一部又は全ての代替として、珪石鉱業所のスラッジ、砕石場のスラッジ、フライアッシュのうち1種類以上を用いることを特徴とする請求項1、2、3、4、5又は請求項6記載の人工軽量骨材。

【請求項8】 焼成温度を引下げ、焼成温度域を拡大させる材料の一部又は全ての代替として、陸砂利選別場のスラッジ、湖沼及びダム等に堆積した汚泥、珪藻土質廃棄物のうち1種類以上を用いることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は請求項7記載の人工軽量骨材。

【請求項9】 原料に含まれる全炭素量の乾物重量換算2~6%相当量の微細な炭化珪素を添加して、焼成途中の1000℃近傍の温度で発泡させることにより、独立した微細な気泡を骨材内に分散させて成ることを特徴とする請求項2、3、4、5、6、7又は請求項8記載の人工軽量骨材。

【請求項10】 コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土を混合し、板状に成型し乾燥し、その乾燥物を破砕機により砕石状に造粒し、1000℃~1300℃で焼成することにより、焼成物を得ることを特徴と

する人工軽量骨材の製造方法。

【請求項11】 コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土の混合比率を、乾物重量換算で1.0:1.0~2.5:0.1~1.0として、成型後、焼成することを特徴とする請求項10記載の人工軽量骨材の製造方法。

【請求項12】 コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土に発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%添加混合した乾燥物を、焼成途中の1000℃近傍の温度で発泡させ、さらに1000℃~1300℃で焼成することにより、焼成物を得ることを特徴とする人工軽量骨材の製造方法。

【請求項13】 コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土を混合し、板状に成型し乾燥すると共に、この時、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%添加し、この後、乾燥物を破砕して造粒したものを焼成することにより、砕石形状の焼成物を得ることを特徴とする請求項12記載の人工軽量骨材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、JIS A 5002（構造用軽量コンクリート骨材）に適合する人工軽量骨材及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】工業生産されている人工軽量骨材の主原料は、膨張頁岩又は石灰火力発電所から排出される石灰灰に限られている。いずれも焼成による製造で、内部発泡による軽量化を利用し、表面の溶融直前に焼成を停止しているが、適正な焼成温度の範囲が200~400℃と狭いため、焼成時に骨材同士の融着が発生し易く、製品としての歩留まり低下の原因となっている。

【0003】コンクリートスラッジは、生コンクリート工場のプラントミキサー及び運搬車の洗浄により、及び、戻りコンクリートから発生し、生コンクリート生産量の1.7%（ウェットベース）に相当する量となっている。我国の生コンクリートの生産量は、年間1億5千万 m^3 ~2億 m^3 となっており、コンクリートスラッジの発生量は250万 m^3 ~340万 m^3 （ウェットベース）に達している。従って、乾物重量換算で150万t~200万tが産業廃棄物として排出されていることになる。

【0004】焼造廃砂は、鋼鉄、銅鋼及び非鉄金属の鑄物工場において、砂処理、解砕、ショット、生型砂の劣化防止の間引きの各工程及び全工程の粉塵である集塵ダストとして発生する。また、この廃砂は、炭素含有廃砂と炭素非含有廃砂に区分することが出来るが、その排出割合は、凡そ2:1である。鑄物製品の生産量1t当たり300kg程度の廃砂が排出されることから、我国の鑄物製品の年間生産量6百万t~7百万tから推定し、180万t~210万tが産業廃棄物として排出さ

れていることになる。

【0005】浄水場発生土は、浄水場内の着水井で投入された凝集剤により形成されたフロックが、沈澱池で沈降したもので、浄水1000t当たり約15kg \sim 150kgの発生量となっている。我国の上水道による飲料水の生産量は年間115億tとなっており、浄水場発生土は100万tに達するものと推定される。

【0006】補助材料として使用する炭化珪素は、全国で年間10万t程度が生産されており、その内50%程度が主として研磨材料や切削材料として使用されている。製品化に伴う剰余屑は産業廃棄物として処分されているが、発生量が少なく公害性がないため、特に問題視されることなく処理されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】石灰炭を原料として使用する場合は、焼成前の試料の破壊強度が小さく、粉化しやすい欠点を有していた。また、コンクリートスラッジと鑄造廃砂を主原料とする人工軽量骨材も、産業廃棄物を使用する特徴を有しているが、鑄造廃砂に含まれる炭素の酸化炭素が分散発泡して軽量となることを利用しており、比重を1.4以下とすることは困難である。

【0008】従来の石灰炭を原料とした人工軽量骨材は、回転式造粒機を用いた成型を必要とするため、表面積の小さい球形にしか造粒出来ない。また、膨張頁岩を使用するものは天然の岩石を5 \sim 10mm程度に破碎し、ロータリーキルンで焼成するため製品は球形となっている。従って、両者とも実積率を大きくする砕石状の造粒は不可能であり、最大粒径が15mmと天然骨材の20mmより小さなものとなっている。

【0009】本発明では、コンクリートスラッジ、鑄造廃砂及び浄水場発生土の産業廃棄物を主原料とし、破碎による造粒を行なうことで、天然骨材と同じ不定形となるものである。従来の石灰炭を原料とした人工軽量骨材は、回転式造粒機を用いた成型を必要とするため、形状が球形で表面積が小さく、実積率を大きくする砕石状は不可能であった。

【0010】石灰炭を原料とする人工軽量骨材の場合は、微粉末炭を高温燃焼した灰であり、粒子の形状が球形で既にガラス化が進んでいる。また、膨張頁岩を原料とする人工軽量骨材の場合も、高温で溶融発泡させるため、非晶質のガラス層を形成している。かかる場合は、一般的にアルカリに侵され易い性質を持つ。このため、アルカリ骨材反応を起こして、骨材とモルタル中のNa₂O又はK₂Oの相互作用による亀裂発生等の原因となり、露出したままのコンクリート構造物に使用の場合は、アルカリシリカ反応対策を無視出来ない欠点をもっている。

【0011】コンクリートスラッジは、法規制により、安定型処分を義務付けられる産業廃棄物の汚泥に区分指定されている。排出量の3% \sim 4%がセメント原料とし

て再生利用されているに過ぎず、大部分が埋立て処分されている。発生量が多いため、処分地の確保が困難となり、再資源化が課題となっている。

【0012】鑄造廃砂も同様に、管理型処分を義務付けられる産業廃棄物の鉱さいに区分指定されている。排出量の大部分は処理業者に委託して埋立て処分されているが、処分費用が1t当たり12,000円前後と高価になっている。発生量が多く、処分地の確保が困難なことから、再資源化が課題となっている。

【0013】浄水場発生土も、管理型処分の産業廃棄物の汚泥に区分指定され、一部が園芸表土に利用されているに過ぎず、大部分が埋立て処分されている。園芸表土としての利用も、可溶性アルミニウムを含むことから、使用の拡大は期待出来る、源水の採取源である河川の水質の低下から発生量が増大する傾向にあり、処分地の確保が困難となり、再資源化が課題となっている。

【0014】JIS A 5002の骨材の寸法についての規格値は、最大粒径が20mm及び15mmとなっているが、コンクリートの骨材の目的からは20mmが望ましい。製造技術の美情に合わせて15mmとの併用になっているものであり、本発明では、天然骨材と同じ不定形となる骨材の造粒方法を開発し、実積率を大きくすることを課題としている。

【0015】炭化珪素の結晶は大部分が共有結合からなり、化学的に安定している。酸化雰囲気における焼成では、表面に酸化珪素を形成し酸化の進行を遅らせるため、高温における耐酸化性は非常に大きく、耐火物や耐火材料としても使用されている。これらの熱分解による炭素系ガスの発生による発泡作用の従来技術として、例えば特公平4-243985には発泡建材の製造技術として開示されている。しかし、発泡作用は1200 \sim 1300℃であり、コストの低減が要求される骨材では、処理温度の引下げが要求される。

【0016】本発明では、大量発生している産業廃棄物の再利用のために、これも大量に消費されている骨材への再生を目的とするため、製品としての歩留まり向上、コスト削減の観点から、焼成温度の引下げと適正な焼成温度領域の拡大を課題としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、従来のかかる事情に鑑みて為されたもので、コンクリートスラッジ、鑄造廃砂及び浄水場発生土の三種類の産業廃棄物を主原料として人工軽量骨材を製造するものである。成型時に破碎造粒することでコンクリート用骨材に適した不定形砕石形状とし、焼成時に内部発泡させることで軽量化を図る。焼成物は、高強度でアルカリ骨材反応を起さず、JIS A 5002（構造用軽量コンクリート骨材）に適合する人工軽量骨材である。そのような人工軽量骨材及びその製造方法を提供することで、産業廃棄物の減量と再資源化の課題を同時に解決することを特徴として

いる。

【0018】コンクリートスラッジ、鋳造廃砂及び浄水場発生土の混合比率は、それぞれの廃棄物の化学組成変動を考慮して、乾物重量に換算して、 $1.0:1.0\sim 2.5:0.1\sim 1.0$ であることが望ましい。この時、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で $0.1\sim 0.2\%$ 添加した。混合比の範囲設定の根拠は、成型性、強度及び焼成後の骨材の物性による。すなわち、この範囲で混合すれば、成型作業が容易であり、自硬性によってグリーン体の圧縮に対する強度が大きくなるため、乾燥ひび割れが発生しないこと、さらには、焼成後の物性がJIS A 5002の全てを満足することにある。なお、発泡剤としては炭化珪素が最も一般的であるが、これに限定されるものではない。

【0019】前記の混合比率で、コンクリートスラッジを 1.0 としたとき、鋳造廃砂の量を 2.5 以上にした場合は可塑性が乏しくなり、成型が困難となる。また、 1.0 以下にすると水分を 3% 以上必要とし、焼成した骨材の強度にバラツキが生ずる。同様に、浄水場発生土の量を 1.0 以上にした場合は、成型が容易となり、適合する焼成温度領域の低下が可能となるが、比重にバラツキが生ずる。また、 0.1 以下にすると焼成の適合温度範囲が狭くなり、品質の安定性に欠ける。

【0020】成形材料及び自硬性材料として、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中熟ポルトランドセメント、白色ポルトランドセメント、高炉セメント、シリカセメント及びフライアッシュセメント等の生コンクリートスラッジの少なくとも一種以上を用いる。

【0021】強度付加の作用する鋳造廃砂として、集塵ダスト、砂処理ダスト、解砕ダスト、生産ラインに流れている生型砂の劣化防止のため間引きした砂、ショットダスト及びショット砂、珪石鉱業所のスラッジ、砕石場のスラッジ及びフライアッシュのうち少なくとも一種以上を用いる。また、鋳造廃砂に含まれる炭素成分の自己燃焼作用の効果も期待できる。

【0022】鋳造廃砂の組成は、間引きした廃砂及びショット系廃砂は石英の比率が高く、モンモリロナイト粘土及び長石の比率が低くなっている。一方、非ショット系廃砂は、逆の比率となっている。鋳物工場により個々のダストの排出比率は異なるが、炭素の含有量を考慮した混合を行なうことで、全ての廃砂が原料として使用することができ、自己燃焼作用の効果が発現する。

【0023】焼成温度の低下に寄与する材料として、浄水場発生土、陸砂利選別場のスラッジ、潮沼及びダム等に堆積した汚泥及び珪藻土質耐火断熱煉瓦の製造時に発生する珪藻土粉末等の珪藻土質廃棄物のうちから一種以上を用いる。

【0024】浄水場発生土は、鉱物的には石英、長石、粘土鉱物から構成され、陸砂利選別場のスラッジ、潮沼

及びダム等に堆積した汚泥及び珪藻土も同様な構成であり、泥分の堆積物であることから微細な粒子径より構成され、水酸化合物を含有している。これらは人工軽量骨材の主要原料として、焼成温度の引下げに寄与するものであるが、化学組成の変動が少ないこと及び粒子径が微細なことが求められる。

【0025】本発明における人工軽量骨材の製造方法は、コンクリートスラッジ、鋳造廃砂及び浄水場発生土を適正な混合比率（ $1.0:1.0\sim 2.5:0.1\sim 1.0$ ）で混合し、（この時、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で $0.1\sim 0.2\%$ 添加した）。板状に成型し、乾燥破砕機を使用して不定型な砕石状に成型造粒後、その乾燥物を 1000°C 近傍で発泡させ、 $1100^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ で焼成することを特徴とする。

【0026】上記製造方法における発泡は、原料の鋳造廃砂等に含まれる炭素の未燃焼による還元雰囲気形成が、コンクリートスラッジ及び浄水場発生土が含有するアルカリ金属及びアルカリ土類金属の反応性を高め、炭化珪素との反応により炭素ガスを発生させることにより得られるものである。ここで、発泡温度を 1000°C 近傍とした根拠は、 900°C 以下の温度ではアルカリ金属及びアルカリ土類金属の反応性を高めることが出来ず、 1100°C 以上の温度では炭素の燃焼が終了してしまい、還元雰囲気を形成することが出来ないことにある。また、分散された気泡は、独立しており、骨材中に均一に形成していることは、顕微鏡観察により確認できた。

【0027】上記製造方法で焼成温度を $1000\sim 1300^{\circ}\text{C}$ とした根拠は、 1000°C 以下では焼結が進行せず、吸水率が 4% 付近まで増加し、破壊荷重が 30kgf 以下に低下し、軽量骨材として不適格となることである。また、 1300°C 以上とした場合は、試料の溶融と融着が始まり、表面がガラス化するため骨材として不適格となる。

【0028】

【作用】本発明における人工軽量骨材の製造において、それぞれの廃棄物を単独で原料としたとき、コンクリートスラッジの場合は、成型加工が容易であるが、焼成しても骨材としての強度が全く得られない。鋳造廃砂の場合は、成型加工が極めて困難なこと、及び 1300°C 以上の焼成温度を必要とするため実用的でない。また、浄水場発生土の場合も、成型は容易であるが、乾燥ひび割れが発生すること 1300°C 以上の焼成温度を必要とし、実用的でない。しかし、三種の廃棄物を混合したものは、十分な可塑性を持ち、成型も容易で、粉塵の発生が小さく、搬送や積み置きが可能な強度を有している。また、焼成温度が $1000^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ と汎用的な範囲であり、焼成時の化学反応性（灰分石の析出）に優れ、焼結性が安定し、含有炭素分と水酸化合物の燃焼により軽量化が可能であり、且つ、発泡及び焼結性が安定し、高強度で軽量の人工軽量骨材となる。

【0029】脱水したコンクリートスラッジは約20%を水和水を含み、微砂を含むことから、普通ポルトランドセメントに比して二酸化珪素が多い。主要成分であるカルシウムは高温でシリカと反応し、高強度な骨材となることに寄与する。また、脱水したスラッジは、湿潤状態であれば排出後4日間は自硬性を持ち、成型性に優れている。

【0030】生コンクリートに使用されるセメントの種類は多いが、普通ポルトランドセメントの使用が大部分である。アルミナセメントを除いた他のセメントの化学組成はほぼ同じで、カルシアとしての含有量は50~60%

6%の間を変動するに過ぎない。従って、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中熱ポルトランドセメント、白色ポルトランドセメント、高炉セメント、シリカセメント及びフライアッシュセメント等を利用したコンクリートスラッジは、骨材の原料に適している。生コンクリート工場でも普通の、普通ポルトランドセメントを使用した場合のコンクリートスラッジ及びセメントの化学組成を表1に示す。ただし、アルミナセメントは、一般的に多量に使用されていないことから、本発明から除き、表中の値にも含まれていない。

【表1】

コンクリートスラッジの化学組成 (重量%)

成分	コンクリートスラッジ	セメント
Ig. Loss	1.9 ~ 2.9	0 ~ 2
SiO ₂	1.6 ~ 2.5	2.0 ~ 2.6
Al ₂ O ₃	3 ~ 6	4 ~ 9
Fe ₂ O ₃	1 ~ 4	2 ~ 4
CaO	35 ~ 54	55 ~ 66
MgO	0 ~ 3	1 ~ 3
K ₂ O	0 ~ 1	-
Na ₂ O	0 ~ 1	-
SO ₃	0 ~ 1	2 ~ 4
その他	0 ~ 1	1 ~ 2

(備考)

その他は、TiO₂、P₂O₅及びMnOの合計。
セメントは、アルミナセメントを除く。

【0031】鋳物工場で使用される生型砂は、珪砂をベースにベントナイト、石灰粉及び微粉等を合成したもので、混練→造型→注湯→解砕→砂処理の工程を循環使用する。集塵ダスト、砂処理ダスト、解砕ダスト、ショットダスト、ショット砂及び劣化防止のための間引きした砂が廃砂として各工程から排出される。この廃砂の植物組成を化学組成から推定すると、石英28~70%、粘土19~41%、長石5~20%、炭素0~23%であることが公知となっている。石英は、骨材の高強度を発現する成分となっている。21~41%含まれている粘土は、モンモリロナイトで、骨材を成型する際の可塑性材

料として、さらには、焼成する際の焼結助剤として機能する。含有される炭素は、自己燃焼の作用がある。焼造廃砂には炭素含有焼造廃砂(集塵ダスト、砂処理ダスト、解砕ダスト及び生産ラインに流れている生型砂の劣化防止のため間引きした砂)と炭素非含有焼造廃砂(ショットダスト及びショット砂)に分類され、各々の化学組成を表2に示す。ここで、全熱減量の30~60%は炭素で、残りの重量は水酸化物及び結晶水によるものである。

【表2】

焼造廃砂の化学組成 (重量%)

成分	炭素含有型	炭素非含有型
Ig. Loss	1.4 ~ 2.5	0 ~ 4
SiO ₂	6.2 ~ 6.8	6.3 ~ 8.5
Al ₂ O ₃	1.1 ~ 1.3	6 ~ 1.3
Fe ₂ O ₃	1 ~ 5	3 ~ 1.5
CaO	0 ~ 2	0 ~ 1
MgO	1 ~ 3	1 ~ 2
K ₂ O	0 ~ 1	1 ~ 2
Na ₂ O	1 ~ 3	1 ~ 2
SO ₃	0 ~ 2	0 ~ 1
その他	1 ~ 2	0 ~ 1

(備考)

その他は、TiO₂、P₂O₅及びMnOの合計。
セメントは、アルミナセメントを除く。

【0032】浄水場から発生する泥分は、源水に含まれる直径1μm以下の微細な粒子であることから、焼結の温度引下げに寄与する。その化学組成は、一般的な粘土と比較して、熱減量及びアルミナ成分が多いが、その他については天然の粘土と大差は無く、上記の焼造廃砂とは同じ化学組成であることから、骨材製造の上で焼

造廃砂と同様の効果も期待できる。浄水場発生土及び一般的な粘土の化学組成を表3に示す。ここで、熱減量は、有機化合物、水酸化物及び結晶水によるものである。

【表3】

浄水場発生土の化学組成 (重量%)

成 分	浄水場発生土	本 館 粘 土
Ig. Loss	10 ~ 16	10 ~ 12
SiO ₂	43 ~ 54	66 ~ 67
Al ₂ O ₃	21 ~ 26	17 ~ 25
Fe ₂ O ₃	3 ~ 6	2 ~ 4
CaO	0 ~ 2	0 ~ 1
MgO	0 ~ 3	0 ~ 1
K ₂ O	2 ~ 5	1 ~ 3
Na ₂ O	0 ~ 3	0 ~ 1
SO ₃	—	—
その他	1 ~ 2	1 ~ 2

(備 考)

その他は、TiO₂、P₂O₅、MnO₂の合計。
浄水場発生土は、石川縣泉津浄水場の分析値。

【0033】炭化珪素の化学組成を表4に示す。

【表4】

炭化珪素の化学組成 (重量%)

成 分	炭 化 珪 素
Ig. Loss	10 ~ 16
SiO ₂	43 ~ 54
Al ₂ O ₃	21 ~ 26
Fe ₂ O ₃	3 ~ 6
CaO	1 ~ 2
MgO	0 ~ 3
K ₂ O	2 ~ 5
Na ₂ O	0 ~ 3
その他	2 ~ 2

(備 考)

その他は、TiO₂、P₂O₅、MnO₂の合計。

【0034】本発明の骨材と、従来の骨材とを原料、製法、粒内気泡及び製品について比較を行なった。その結

果を表5に示す。

【表5】

原料、製法、粒内気泡及び製品の比較

項 目	本 発 明	石 炭 灰	膨 張 頁 岩	
原 料	主 成 分 結 晶 構 造 添 加 材 料	SiO ₂ -CaO-Al ₂ O ₃ 系 α SiO ₂ 、灰長石 無添加又は炭化珪素	SiO ₂ -Al ₂ O ₃ 系 α SiO ₂ 、ガラス相 粘土、炭素	SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ 系 α SiO ₂ 、ガラス相 無 添 加
リットル体	造 粒 形 状 成 型 性 自 硬 性 リットル体強度	造粒型・不定形 容易である 優れている 大 き い	造粒型・円形 やや困難 — 小 さ い	非造粒型・不定形 — — 小 さ い
製 法	焼 成 設 備 燃 料 費	ロータリー窑 比較的安価	流動床 比較的安価	ロータリー窑 比較的高価
粒内気泡	発 泡 状 態 気泡最大径 分散状況	独立した気泡 80 μm 均一に分散	一部通過している 50 μm 外周部に集中	独立した気泡 100 μm 均一に分散
製 品	色 合 系 形 状 外 観 性 状 残留Na ₂ O 強 度	茶 色 不 定 形 天然石に見える 粉化し難い 無 し 大 き い	黄土色 円 形 人工的に見える 粉化し易い 小 量 あり 小 さ い	暗 褐 色 円 形 多孔質に見える 粉化し難い 無 し 小 さ い

【0035】

【実施例】以下に、本発明の実施例を説明する。

【0036】実施例1

コンクリートスラッジと焼造廃砂とを乾物重量換算で1:0:1.8の比率で混合し、さらに、浄水場発生土の量を5段階に変化させて添加した。引き続き、土練機

により直径28mmの円筒形に押し出し成型し、長さ120mm~150mmに切断して乾燥した。乾燥した成型体の直径は乾燥収縮により平均25mmとなったが、これを長さ50mmに切断し、物性試験を行なうための供試体とした(これを供試体1とする)。この供試体1に発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%

添加したものを供試体2とする。これらの供試体を電気炉で最高温度を変化させ、1時間保持して焼成した。

【0037】焼成した供試体の吸水率測定結果を図1（供試体1）及び図5（供試体2）に示す。これらの図より、同一温度でも、浄水場発生土を添加することにより、吸水率が小さくなることが確認できる。即ち、浄水場発生土の添加量が増加するに従い、吸水率が低下している。このことは、浄水場発生土が適正焼成温度の低減に寄与しているものと考えられ、焼成温度による吸水率の変化の傾きは、浄水場発生土の添加量に反比例して緩やかとなり、焼成温度領域が拡大されたことを示す。

【0038】焼成した供試体の圧縮強度の測定結果を図2（供試体1）及び図6（供試体2）に示す。図からは、添加量を増加することにより、圧縮強度の最高値を示す温度（最適焼成温度）が低下していることが確認できる。即ち、浄水場発生土の添加量の増加に伴い、低い温度で最大強度を示しており、このことから、浄水場発生土の添加による適正焼成温度の引下げ効果が確認できる。また、圧縮強度にピークが顕れており、添加量による最適焼成温度の存在が明確である。さらに添加量が15%を超えると、僅かではあるが強度低下が認められる。したがって、コンクリートスラッジ、焼造廃砂及び浄水場発生土の混合比率は1.0:1.8:0.4が好ましいと判断できる。この時、供試体2では、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%を添加する。

【0039】実施例2

コンクリートスラッジ、焼造廃砂、浄水場発生土を乾物重量換算で1.0:1.8:0.4の比率で混合機により混合した（供試体3）。また、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%添加した（供試体4）。前記実施例1と同様の方法で各供試体3及び4を作成し、電気炉で最高温度及び保持時間を変化させて焼成した。

【0040】焼成した供試体の圧縮強度の測定結果を図3（供試体3）及び図7（供試体4）に示す。図より、圧縮強度を高くするには、焼成温度を高くするよりも、焼成時間を確保することが必要であると確認出来る。即ち、焼成時間、焼成温度の増加に伴い、圧縮強度が増加

していることが判る。しかし、焼成時間が60分の場合、1135℃より高い温度では圧縮強度の増加が鈍くなってしまう。従って、焼成温度1135℃、焼成時間60分が最適と判断した。

【0041】実施例3

実施例1の場合と同じく、コンクリートスラッジ、焼造廃砂を乾物重量換算で1.0:1.8の比率で混合し、さらに、浄水場発生土の量を5段階に変化させて添加し、実施例1と同様の供試体を作成した（供試体1）。この時、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%添加した（供試体2）。これらの供試体を電気炉で最高温度1135℃、保持時間60分で焼成した。

【0042】焼成した供試体の比重測定の結果を図4

（供試体1）及び図8（供試体2）に示す。図では、添加量15%で最大となるが、目標とする2.0以下に納まっている。従って、添加量を変化させることで、任意の比重の骨材が得られる。即ち、浄水場発生土の添加量が増加するに従い、比重が増加している。しかし、添加量15%で最大値を示し、それ以降は低下している。従って、吸水率と圧縮強度を考慮しながら、添加量を調節することで、任意の比重の骨材が得られることが判る。

【0043】実施例4

実施例2の場合と同じく、コンクリートスラッジ、焼造廃砂、浄水場発生土の乾物重量比率を1.0:1.8:0.4として土練機を用いて混練させた後、厚み20mmの板状に成型し乾燥させた（供試体5）。供試体6では発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%添加した。これらの乾燥物を破砕機で碎石状に造粒し、それをローラーハースキレン（長さ45m、巾1.2m）を用いて、焼成温度1135℃で焼成した。

【0044】上記手法による試作によって得られた骨材を、JIS A 5002（構造用軽量コンクリート骨材）に基づいて品質試験及び物性評価を行なった。その結果をそれぞれ表6、表7に示す。試作した人工軽量骨材の物性は、JIS規格値を全て満足しており、実用化出来ることを確認した。なお、表6及び表7中の「本発明実施例品」は、供試体5及び供試体6を示す。

【表6】

本発明実施例骨材の品質

試験項目	本発明実施例品	規格値 (JIS A 5002)
強熱減量	0 %	1 % 以下
三酸化硫黄	0.2 %	0.5 % 以下
塩化物	0.00 %	0.01 % 以下
有機不純物	無 色	標準色より濃くないこと
粘土塊	0 %	1 % 以下

本発明実施例骨材の物性と区分

項目	本発明実施例品	区分	摘要 (JIS A 5002)
飽和比重	1.44	M	1.0以上、1.5未満
実積率	62.8%	A	60.0%以上

【0045】この試作した人工軽量骨材（供試体5及び供試体6）を用いて、JIS A 5002、及び、同5308に基づいて、軽量コンクリートとしての試し練り試験（ブレンコンクリート及び軽量コンクリート1種）を行ない、規格値への適合の可否を確認した。使用

した材料の基本物性を表8に、示方配合を表9に示す。また、本発明における人工軽量骨材の寸法は5〜15mmで、その粒度分布を表10に示す。

【表8】

使用した材料の基本物性

材料名	種別	比重	粗粒率	吸水率	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16	—	—	—
細骨材	川砂（手取川産）	2.58	2.66	—	—
粗骨材	本発明実施例骨材	1.44	6.46	2.44%	—
水	地下水	1.00	—	—	—
混和剤	AE減水剤 1種 (JIS A 8204)	1.29	—	—	軽量1種 21-18-15 N

【表9】

試し練りコンクリートの示方配合 (kg/m³)

設計方法	水	セメント	細骨材	粗骨材※	混和剤
JIS A 5002	170	425	717	602	—
軽量1種 (21-18-15 N)	185	391	841	456	8.62

※ 粗骨材は、本発明実施例骨材

【表10】

本発明実施例骨材の粒度分布 (重量%)

骨材の寸法		ふるいの呼び寸法 (mm)			
		20	15	10	5
5〜15 (通過率)	規格値	100	90〜100	40〜70	0〜15
	実測値	100	98	53	5

【0046】JIS A 5002に基づいて行なった、コンクリートとしての試し練り（ブレンコンクリート）の試験結果による区分、及びコンクリート物性値を表11に示す。骨材の品質試験結果（表4）と同様、

JIS A 5002（構造用人工軽量骨材）及びJIS A 5308の全ての規格を満足しており、十分実用化が可能であることが確認出来た。

【表11】

試し張りコンクリートの試験結果

試験項目	JIS A 5002			JIS A 5308(規1B 21-18-15 W)	
	実測値	区分	規格値	実測値	規格値
スランプ (cm)	8.0	—	8.0±1.0	19.0	18±2.5
空気量 (%)	—	—	—	5.5	5.0±1.5
単位容積質量 (kg/L)	1.81	19	1.8以上 2.0未満	1.87	—
圧縮強度 (N/m ²)	45.1	400	40 以上	27.5	25.1 (社内規格値)

【0047】試作した人工軽量骨材についてJIS A 5308によるアルカリシリカ反応性試験を化学法により実施した。その結果を表12に示す。骨材によるひ

び割れ原因となるアルカリシリカ反応に対しては、十分に無害だと言える。

【表12】

アルカリシリカ反応性試験結果

試験項目	実測値	JIS A 5308 の規格値
7dの膨度減少量 (Rc)	41.4mmol/L	Sc:10mmol/L以上、Rc:700mmol/L未満の
溶解シリカ量 (Sc)	9.1mmol/L	時、Sc > Rc ならば有害

【0048】実施例5

焼造廃砂の代替材料としての焼成及び品質の確認を行った。まず、コンクリートスラッジと浄水場発生土を乾物重量換算で1.0:0.4の比率で混合し、珪石鉱業所のスラッジ、砕石場のスラッジ、及びフライアッシュの3種類を、個々に乾物重量換算でコンクリートスラッジの1.8倍の量を添加し、混合機により混合した。さ

らに、実施例1と同様の方法で供試体を作成し、電気炉で最高温度1135℃、保持時間60分で焼成した。

【0049】前記の供試体の比重、吸水率、圧縮強度の測定結果を表13に示す。浄水場発生土と比較して大きな変化は見られない。従って、代替原料を使用したものも、人工軽量骨材として使用できることを確認した。

【表13】

焼造廃砂とその代替原料で試作した骨材の物性

代替材料	比重 (—)	吸水率 (%)	圧縮強度 (N/m ²)
焼 造 廃 砂	1.44	2.44	59.4
珪石鉱業所のスラッジ	1.54	1.89	83.0
砕石場のスラッジ	1.52	0.99	54.3
フライアッシュ	1.48	3.52	45.0

【0050】実施例6

浄水場発生土の代替材料の同一品質を得るための焼成温度を求める試験を行なった。コンクリートスラッジ及び焼造廃砂を乾物重量換算で1.0:1.8の比率で混合し、陸砂利選別場のスラッジ、湖沼及びダム等の堆積汚泥、珪藻土の3種類を個々に乾物重量比でコンクリートスラッジの0.4倍の量を添加し、混合機により混合した。前記実施例1と同様の方法で供試体を作成し、電気

炉で焼成温度1135℃、保持時間60分で焼成した。

【0051】焼成した供試体の比重、吸水率及び圧縮強度を測定した結果を表14に示す。浄水場発生土を用いた骨材の物性と代替材料を用いた骨材の物性とを比較しても大きな差が認められない。従って、代替原料を使用したものも、人工軽量骨材用原料として使用できることを確認した。

【表14】

浄水場発生土とその代替原料で試作した骨材の物性

代 替 材 料	比重 (γ)	吸水率 (%)	圧縮強度 (N/cm^2)
浄水場発生土	1.44	2.44	58.4
陸砂利選別場のスラッジ	1.53	1.81	56.2
潮沼及びダム等の堆積汚泥	1.46	1.55	52.3
珪藻土製廃棄物	1.66	0.78	53.4

【0052】実施例7

コンクリートスラッジ及び浄水場発生土を乾物重量換算で1:0:0.4の比率で混合し、含有炭素量が0%, 2%, 4%, 6%, 8%となるように調整した焼造廃砂を乾物重量換算でコンクリートスラッジの1.8倍の量を添加混合した。この時、発泡剤として炭化珪素を乾物重量比で0.1~0.2%を添加した。前記実施例1と同様な方法で供試体を作成し、電気炉で最高温度1135℃、保持時間60分で焼成した。ただし、昇温中の1000℃における保持時間は30分とした。

【0053】焼成した供試体の比重、吸水率、圧縮強度の測定結果を図9及び図10に示す。炭素量の増加に伴い比重が減少する。しかし、炭素量が8%になると急激に強度及び吸水率が低下し、一部に未燃炭素の存在と骨材同士の附着の発生が見受けられた。また、炭素量2%の場合、比重が大きく発泡もほとんど見られない。従って、焼造廃砂に含まれる炭素量は、2~6%に調整することが望ましいことを確認した。

【0054】実施例8

コンクリートスラッジ、炭素量4%の焼造廃砂及び浄水場発生土を乾物重量換算で1:1.8:0.4の比率で混合し、炭化珪素を乾物重量比で0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%を添加し、混合機により混合した。実施例1と同様な方法で供試体を作成し、電気炉で最高温度1135℃、保持時間60分で焼成した。ただし、昇温中の1000℃における保持時間は30分とした。

【0055】焼成した供試体の比重、吸水率、圧縮強度の測定結果を図11及び図12に示す。炭化珪素の増加に伴い、発泡量の増加により比重が小さくなるが、添加量0.3%で骨材強度が急激に低下した。従って、炭化珪素の添加量は、0.1~0.2%が好ましいことを確認した。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、コンクリートスラッジ及び焼物廃砂に浄水場発生土を添加することにより、無添加のものと比較して焼成温度は低下し、焼成温度域が拡大した。また、無添加のものよりも品質は優れていた。製造工程では、造粒時にベレタイザーを使用していたため粉塵発生量は少なく集塵機を必要とせず、造粒物は乾燥強度を有することから、貯蔵、運搬に優れている特徴を有していた。

【0057】本発明の人工軽量骨材は、構造用軽量コンクリート骨材としての品質規格を十分に満足し、実用化できるものであることが判った。さらに、質量が不要なものであれば土木用骨材としても充分規格を満足できるものと思われ、橋梁本体、暗渠等の土木用コンクリート製品への応用が考えられる。さらに、軽量・多孔質を生かしてカーテンウォールのような建築用コンクリート2次製品・農業用表土改良材・裝飾材料・道路の下層盛土等への応用が考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】供試体1における浄水場発生土の添加量が異なる焼成ベレットの吸水率と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図2】供試体1における発生土の添加量が異なる焼成ベレットの圧縮強度と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図3】供試体3における異なる時間で焼成したベレットの圧縮強度と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図4】供試体1における焼成温度1135℃、焼成時間60分としたときの発生土の添加量と比重の関係を示すグラフ。

【図5】供試体2における浄水場発生土の添加量が異なる焼成ベレットの吸水率と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図6】供試体2における発生土の添加量が異なる焼成ベレットの圧縮強度と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図7】供試体4における異なる時間で焼成したベレットの圧縮強度と焼成温度の関係を示すグラフ。

【図8】供試体2における焼成温度1135℃、焼成時間60分としたときの発生土の添加量と比重の関係を示すグラフ。

【図9】実施例7により焼成した供試体について、含有炭素量を変化させた時の比重の変化及び吸水率の変化を示したグラフ。

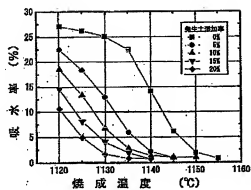
【図10】実施例7により焼成した供試体について、含有炭素量を変化させた時の圧縮強度の変化を示したグラフ。

【図11】実施例8により焼成した供試体について、炭化珪素添加量を変化させた時の比重の変化及び吸水率の変化を示したグラフ。

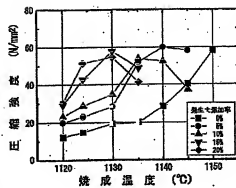
【図12】実施例8により焼成した供試体について、炭化珪素添加量を変化させた時の圧縮強度の変化を示した

グラフ。

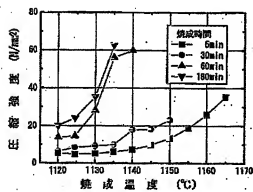
【図1】



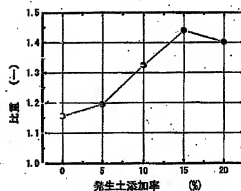
【図2】



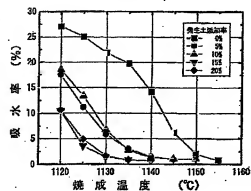
【図3】



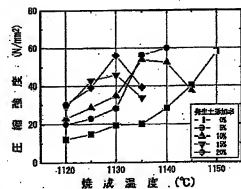
【図4】



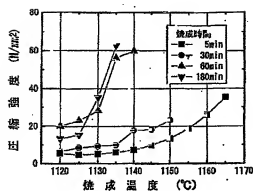
【図5】



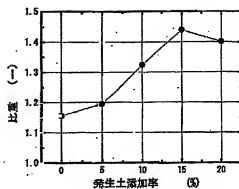
【図6】



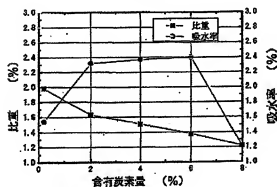
【図7】



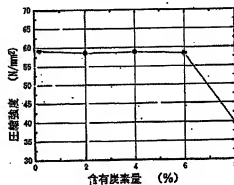
【図8】



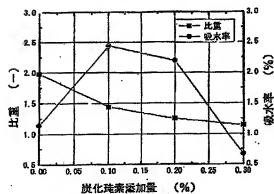
【図9】



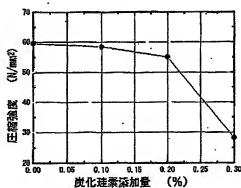
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
C04B 38/02

識別記号

FI
C04B 38/02

K

(72)発明者 塚林 和雄
石川県金沢市戸水町口1番地 石川県工業
試験場内

(72)発明者 中村 静夫
石川県金沢市戸水町口1番地 石川県工業
試験場内

(72)発明者 北村 義治
石川県石川郡野々市町若松町4番1号 金
沢生コンクリート株式会社野々市工場内

(72)発明者 坂本 正司
石川県石川郡野々市町若松町4番1号 金
沢生コンクリート株式会社野々市工場内

(72)発明者 宮前 隆男
石川県石川郡野々市町若松町4番1号 金
沢生コンクリート株式会社野々市工場内

(72)発明者 高島 敏彦
石川県石川郡野々市町若松町4番1号 金
沢生コンクリート株式会社野々市工場内